

CLIPPEDIMAGE= DE004234293A1

PUB-NO: DE004234293A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4234293 A1

TITLE: Flat matrix colour TV panel with quantum layer laser diodes - located in pattern circuit board using robot handling and emitting red, green and blue components

PUBN-DATE: April 8, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FISCHER, ALBERT G PROF DR	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FISCHER ALBERT G PROF DR	DE

APPL-NO: DE04234293

APPL-DATE: October 12, 1992

PRIORITY-DATA: DE04234293A (October 12, 1992)

INT-CL\_(IPC): G09F009/33; G09G003/00 ; G09G003/20 ; G09G003/32

EUR-CL (EPC): G09G003/32

US-CL-CURRENT: 345/83

ABSTRACT:

CHG 'DATE=19990617 STATUS=O>A flat panel colour television screen is formed using an assembly of quantum layer laser diodes (1) that can emit red, blue and green laser outputs. The diodes are formed with superimposed layers of MgS, ZnS, ZnSe, CdS and CdSe mixed crystals on a single crystal substrate and have axially projecting connecting pins. The diodes are located in the correct positions on a circuit board (5) by a robot handling system. The ends of the leads are soldered into position. Bus bars (4, 8) provide a matrix connection.



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

## (12) Offenlegungsschrift

(10) DE 42 34 293 A 1

(51) Int. Cl. 5:

G 09 G 3/20

G 09 G 3/00

G 09 F 9/33

G 09 G 3/32

// G09G 3/36, G09F

9/30

(21) Aktenzeichen: P 42 34 293.7

(22) Anmeldetag: 12. 10. 92

(43) Offenlegungstag: 8. 4. 93

DE 42 34 293 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

## (71) Anmelder:

Fischer, Albert G., Prof. Dr., 4600 Dortmund, DE

## (72) Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Flacher Matrix-Farbfernseh-Bildschirm mit Lichtpunkten aus individuellen II-VI-Quantenschicht-Laserdiode, und fehlertolerantes Herstellungsverfahren

(57) Ein flacher Farbfernseh-Matrix-Bildschirm wird beschrieben, bei dem die roten, grünen und blauen Bildpunkte aus vielen einzelnen II-VI-Quantenschicht-Laserdioden bestehen, die vollautomatisch massenhergestellt, mit Zuleitungs- und Montagebeinchen versehen, gutesortiert und durch Roboter auf der perforierten X-Y-Doppelschicht-Leiterplatte platziert und angeschlossen werden können. Staub-Defekte wie früher bei den aktivmatrixadressierten Flüssigkristallbildschirmen können nicht mehr auftreten, und defekte Laserdiode können leicht ersetzt werden, was hohe Produktionsausbeute auch bei quadratmetergroßen Wandbildschirmen ermöglicht.

Die Quantenschicht-Laserdioden werden mittels Atomstrahl-Epitaxie aus überlagerten MgS-, ZnS-, ZnSe-, CdS- und CdSe-Mischkristallschichten auf einkristallinen Substraten hergestellt und mit Zuleitungen versehen, die zugleich als Montage-Füße dienen.

Jede Laserdiode hat eine knieförmige Lichtstrom-Spannungs-Charakteristik, was das Wechselsprechen mit Nachbardioden verhindert.

Die fehler- und kostenanfällige frühere Aktivmatrix-Adressierung mit Signalspeicherung an jedem Bildpunkt fällt jetzt weg.

Wegen der hohen Lichtausbeute und scharf monochromen Emission der Dioden ist dieser Bildschirm brillant und farbecht.

DE 42 34 293 A 1

## Beschreibung

Stand der Technik: Zum Ersatz der voluminösen, schweren Kathodenstrahl-Farbbildröhre habe ich 1972 in meinem USA-Patent No. 38 40 695 eine flache verdrillt-nematische Flüssigkristallschicht, adressiert durch eine kongruente X-Y-Dünnschichttransistormatrix und von hinten beleuchtet durch ein kongruentes rot-grünblaues Farbmosaikfilter, beschrieben. Seitdem wird weltweit, besonders in Japan, mit ungeheurem Forschungs- und Entwicklungsaufwand daran gearbeitet, dieses Konzept des "flachen Fernsehbilds an der Wand" zu realisieren; aber die größten derartigen Flachbildschirme sind bisher erst etwa  $20 \times 30$  cm groß, und sehr teuer, da die Produktionsausfälle noch sehr hoch sind. Trotz Reinstraum-Technologie fallen nämlich vor und während der Beschichtung mit den erforderlichen Millionen von Mikroschaltkreisen viele Staubteilchen auf die Substrat-Glasplatten und verursachen Versager, die vom Auge des Betrachters als sehr störend wahrgenommen werden. Wegen des Einschlusses zwischen zwei versiegelten Glasplatten sind diese Defekte sehr schwer zu reparieren.

Eine ganz andere Flachbildschirm-Technologie sind die Gasplasma-Displays. Diese sind zwar weniger staubempfindlich und daher weniger von Defekten geplagt, aber ihr Nachteil ist die niedrige Lichtausbeute, wodurch sie im Betrieb zu heiß werden und gekühlt werden müssen. Andere existierende Flachbildschirm-Technologien habe ähnliche Defizite.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine neue, völlig verschiedene Flachfarbfernsehbildschirm-Technologie zu beschreiben, welche ermöglicht, quadratmetergroße flache Farbfernseh-Flachbildschirme mit an 100% grenzender Produktionsausbeute, mit bequemer Reparatur-Fähigkeit, und mit hoher Brillanz und Farbtreue, zu produzieren. In Anbetracht der Multimilliarden-Forschungs- und Entwicklungs-Aktivitäten weltweit mit diesem Ziel, die sich aber am "yield"-Problem und ähnlichen Problemen festgefahren haben, hat diese Erfindung daher große Bedeutung.

Lösung: Grundbestandteil dieses neuen Flachbildschirms sind die neuen Vielfach-Quantenschicht-Laserdioden, erzeugt durch Überlagerung von Mischkristallschichten aus ZnS, MgS, ZnSe, CdS und CdSe (also II-VI-Verbindungen mit großer, direkter Bandlücke), welche durch Atomstrahl- oder auch Molekularstrahl-Epitaxie (Molecular Beam Epitaxy MBE) im Hochvakuum auf heißen einkristallinen Substraten erzeugt werden, und zwar umweltfreundlich (im Gegensatz zum umweltschädlichen organometallischen Gasphasen-Epitaxie-Verfahren OMCVD, siehe z. B. N.G. Patel und A. G. Fischer, Thin Solid Films 162 (1988) 263–271). Derartige MBE-Quantenschicht-Laserdioden, (nicht aber die hier dargestellte Anwendung) wurden bereits in der Literatur beschrieben, z. B. M.A. Haase et al., Appl. Phys. Lett. 59, 1272 (1991).

Eine Übersicht über dieses neue Gebiet findet man z. B. in "The Laser Guidebook", 2nd ed., J. Hecht (McGraw-Hill, New York 1992), und auch in "Surface-Emitting Lasers", J.L. Jewell und Greg. R. Olbright, LASER FOCUS WORLD May 1992 p. 217–223, Pennwell Publishing Co, P.O.Box 180, Tulsa, OK (USA).

Die Vorteile der Quantenschicht-Laserdioden gegenüber den bisherigen III-V-Doppel-heterojunction-Laserdioden, und erst recht den LEDs, sind: Bei LEDs wird der Großteil des erzeugten Lichts im Inneren verschluckt, da es wegen innerer Totalreflexion bei schrä-

gem Auffall auf die inneren Oberflächen des hochbrechenden Kristalls nicht aus dem Kristall herauskommt. Dies ist beim Diodenlaser, wo das Licht senkrecht auf die Kristalloberfläche fällt, besser, der optische Wirkungsgrad also höher, jedoch benötigen die Dickschicht—Laserdioden hohe Schwellstromstärken, ehe das Losen einsetzt, da dies eine hohe Elektron-Loch-Inversionsdichte voraussetzt. Bei der Quantenschicht-Laserdiode ist die aktive Schicht tausendmal dünner, nur noch etwa 5 nm (10 Atomlagen) dick, wodurch in ihr auch schon bei niedriger Injektions-Stromdichte eine hohe Elektron-Loch-Inversionsdichte spielend erreicht wird; das Losen setzt daher bereits bei weniger als 1 Milliampere ein, und die Lichtstärke steigt dann steil und lange bis zur Sättigung an. Dieser lange lineare Bereich wird hier analog ausgenutzt.

Die Lichtausbeute ist besser als bei allen anderen bekannten Displays, d. h. der Bildschirm braucht nicht künstlich gekühlt zu werden.

Ferner vertragen diese extrem dünnen aktiven Ein-kristall-Epitaxieschichten, infolge ihrer Elastizität, wesentlich größere Gitterkonstanten-Fehlanpassungen mit den Deckschichten (2%!), ehe sich die schädlichen Gitterdefekte mit ihren strahlunglosen Übergängen aus bilden, als bei den 1000 nm dicken Aktivschichten der "normalen" Doppelheterolaserdioden. Dies erleichtert die Herstellung ungemein.

Die Gitterkonstanten der Zinkblende-Typ-II-VI-Verbindungen und ihrer Legierungen, und ihre Bandlücken, sind wohlbekannt, siehe, z. B.

Außerdem brauchen die dünnen lichtemittierenden aktiven Quantenschichten nicht mehr durch Fremdionen n- oder p-Typ dotiert zu werden (denn diese Fremdionen fördern die schädliche strahlunglose Rekombination!), da die Trägerinjektion von beiden Seiten jetzt durch Raumladungsströme möglich ist; auch dies trägt zur Erhöhung des optischen Wirkungsgrads bei. Dieser kann schon heute 50% (!) betragen; dies sind also die wirkungsvollsten Lichtquellen, die es überhaupt gibt, und sie emittieren zudem scharf monochromatisches Licht, nur nach vorn. Sie werden deshalb alle anderen Lichtquellen verdrängen. (Schon deshalb wird in Kürze, wenn dies bis zu den Entscheidungsmachern durchgedrungen ist, eine starke Forschungs- und Entwicklungsaktivität zur Vervollkommenung und Herstellungskosten-Reduktion weltweit einsetzen).

Voraussetzung für das erforderliche epitaxiale Aufwachsen von gestapelten einkristallinen Mischkristallschichten ist natürlich das Vorhandensein von dünnen halbleitenden Einkristallsubstraten geeigneter Bandlücke und von gleichem Gittertyp und gleicher Gitterkonstanten, in unserem Falle z. B. Zinkselenid ZnSe: Al, n-Typ, oder ZnTe: P, p-Typ, aber auch n- oder p-GaAs. Wie man solche Einkristalle möglichst frei von Versetzungslien aus der Schmelze, aus der Lösung, oder aus der Gasphase, herstellen kann, habe ich als erster gezeigt, siehe mein zusammenfassendes Buchkapitel 13 in B. Pamplin, "Crystal Growth" (Seite 521–556), Pergamon Press, Oxford 1975, siehe besonders Seite 554). Für Wachstum von großen ZnTe-Kristallen aus der Gasphase siehe W. M. DeMeis und A.G. Fischer, Mat. Res. Bull. 2, 465–468 (1967). Daß man Epitaxieschichten darauf aus der Gasphase durch Reaktion der Chloride des Kations und der Wasserstoffverbindung des Anions herstellen kann, habe ich übrigens schon 1956 vorgeschlagen (s. Seite 551–553 in M. Schön und H. Welker (Herausgeber) "Halbleiter und Phosphore", Tagungsbuch des Internat. Kolloq. Garmisch 1956, Vieweg und

Sohn, Braunschweig, 1958).

In Quantenschicht-Laserdioden muß bekanntlich, zwecks "carrier- und photon-confinement") die zentrale aktive Quantenschicht niedrigere Bandlücke und höheren optischen Brechungsindex haben als die injizierenden n- und p-Typ Bedeckungsschichten, bei möglichst gleicher Gitterkonstanten. Solche abrupten Übergänge lassen sich mit MBE durch Zusatz von ZnS zu ZnSe, oder von MgS zu ZnS, oder von CdS zu CdS, Se während des Wachstums erreichen. Geeignete MBE-Apparaturen sind heute im Handel erhältlich, auch bereits solche zur Beschichtung von vielen Substraten gleichzeitig, für Massenproduktion. Eine blau-emittierende Laserschicht benötigt eine Bandlücke von ca. 2.8 eV (ZnSe,S), eine grün-emittierende eine von ca. 2.5 eV (ZnSe,Tc), eine rot-emittierende von ca. 2.1 eV (ZnCdSSe).

Der derart beschichtete Substratkristall (Dicke ca. 0.4 mm) wird sodann nach bekannten Methoden in winzige rechteckige Wafers der Flächengröße von etwa  $0.5 \times 0.5$  mm zerbrochen. Auf jedes Wafer werden beidseitig breite metallische Zuführungselektroden angelötet, die gleichzeitig als Montage-Füßchen und Wärme-Ableiter dienen, am besten vergoldete, einseitig mit Indium benetzte Kupferblechstreifen (siehe Abb. 1), denn Indium macht ohmschen Kontakt an n-ZnSe. Mit vergoldeten, unten zum Zylinder zusammengerollten Blech-Beinchen kann jede Laserdiode bei der Bestückung der Groß-Platine durch Roboter in die entsprechenden metallisierten Perforationen eingesteckt werden, und (wahlweise) von der Unterseite angelötet werden (s. Abb. 2).

Die Stromzuleitung zur p-Typ-Seite des Laser-Wafers soll jedoch keinen Ohmschen Kontakt, sondern einen sperrenden mit Durchbruch bei ca. 4 Volt, besitzen, damit jede Laserdiode eine Kennlinie mit Knie, wie in Abb. 3 gezeigt, besitzt. Dies ist wichtig zur Vermeidung von Wechselsprechen von benachbarten Laserdioden durch Pulse mit halber und Viertel-Spannung beim Multiplex-Betrieb des Bildschirms; eine aus der Flachbildschirmtechnik wohlbekannte Fehlerquelle (s. z. B. A.G. Fischer, "Flache Fernsehbildschirme", Nachrichtentechnische Zeitschrift (NTZ) 33, Seite 80, Seite 162, Seite 230, (1980)), die also erfundungsgemäß dadurch beseitigt wird.

Da die massenproduzierten Quantenlaserdioden Unterschiede aufweisen, werden sie nach Fertigstellung vollautomatisch nach Klassen sortiert. Nur ähnlich-gute rote, grüne, und blaue Laserdioden werden für die Bestückung eines Bildschirms verwendet.

Die Basis des Bildschirms ist die oben und unten beschichtete isolierende Leiterplatte, beispielsweise etwa 120 mal 90 cm groß und aus Kunststoff, Composit oder Glas bestehend. Ihre Herstellungsweise ist konventionell, sie kann also quadratmetergroß sein, ein Vorteil gegenüber vielen der früheren Technologien.

Sie wird zunächst mit zwei Perforationen pro Bildpunkt versehen, was durch mechanisches Bohren, durch chemisches Ätzen, oder (bei Verwendung von fotoempfindlichen Glasscheiben) durch unidirektionales photochemisches Ätzen geschehen kann. Sodann wird diese perforierte isolierende Leiterplatte (Dicke ca. 2 mm), einschließlich der Perforationen, allseitig verkupfert und vergoldet. Sodann werden mit Fotolack-Ätztechnik auf der Oberseite die Y-Busbars, auf der Unterseite die X-Busbars und Y-Montageflecken, erzeugt. Sodann kann die Bestückung der Leiterplatte mit den Millionen von Laserdioden erfolgen, was von eigens dazu zu kon-

struierenden Roboter-Maschinen besorgt wird: Jede Laserdiode wird mit ihren Zuleitungs-Beinchen in die dazugehörigen metallisierten Perforationen gesteckt und (wahlweise) auf der Hinterseite der Leiterplatte verlötet. Da alle Lötungen auf der Hinterseite der Platine erfolgen, tritt dabei keine unzulässig-hohe Überhitzeung der Laserdioden auf der Vorderseite ein. Der Vorteil dieser Anordnung ist: Sollte eine Laserdiode defekt sein oder werden, was dem Auge des Betrachters sofort markant auffällt, kann man sie einfach mit Pinzette und Lupe herausziehen und durch eine neue ersetzen. Dies, neben der Unempfindlichkeit gegen Staub, ist einer der großen Vorteile der vorliegenden Erfindung, verglichen mit den bisherigen anderen, nicht-reparaturfähigen Flachbildschirm-Technologien.

Das Adressieren einer solchen Lasermatrix kann ohne alle Signalspeicherung, wie beim Röhrenbildschirm, punktweise erfolgen, wobei jede Diode nur ca.  $10^{-7}$  Sekunden adressiert wird und deshalb momentan extrem hell aufleuchten muß. Dieses hohe Multiplexen ist bei den erfundungsgemäßen Quanten-Laserdioden ohne weiteres möglich und vereinfacht die erforderliche Elektronik ungemein, ebenfalls ein Vorteil der vorliegenden Erfindung. Beim ebenfalls möglichen "zeilenweisen" Adressieren ist die Adressier-Zeit jeder Laserdiode dann mit der Zahl der Y-Busbars zu multiplizieren, also viel länger, und die erforderliche Momentan-Helligkeit entsprechend niedriger, aber man benötigt jetzt an der Ober- und Unterkante der Leiterplatte zusätzlich horizontale peripherie Zeilenspeicher.

Es ist einer der großen Vorteile der vorliegenden Erfindung, daß man wegen der hohen Ansprech-Geschwindigkeit und großen momentanen Helligkeit (Multiplexierbarkeit) der Laserdioden keine Signalspeicherung an jedem Bildpunkt, ("Aktivmatrix-Adressierung"), wie bei den Flüssigkristallschichten, mehr benötigt, daß also die Riesen-Fehler- und Kostenquelle "Aktivmatrix" jetzt entfällt.

Die seitliche Zuführung der elektrischen Impulse zu den X- und Y-Busbars kann am besten direkt von auf der gleichen Platine seitlich aufgebrachten Schiebe- und Speicher-Registern erfolgen, oder aber — teurer und fehleranfälliger — von außen über die bekannten Vielfachungen-Connectoren, oder über elastische oder gelöste "Bump-Interconnects", wie bereits bekannt.

Da die winzigen Quantenlaserdioden stark divergente Lichtstrahlenbündel emittieren, ist auch eine schrägs seitliche Betrachtung des Bildschirms möglich. Um einen noch größeren Betrachtungswinkel-Bereich zu ermöglichen, kann die Oberfläche mit einer dünnen Licht streuschicht z. B. aus Folie, bedeckt werden.

Dies sind die großen Grundzüge der vorliegenden Erfindung. Die jedem Fachmann ohne weitere Erfinder tätigkeit geläufigen Abänderungen der Anordnung, der Materialien und/oder der Herstellungsverfahren sind hier aus Platzgründen nicht aufgezählt und sind aber in der vorliegenden Erfindung schon mitenthalten.

#### Patentansprüche

1. Flacher Matrix-Bildschirm, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtpunkte an den Überkreuzungen der X- und Y-Leiterbahnen der großflächigen Leiterplatte aus vielen einzelnen, massenproduzierten, durch Roboter platzierten und elektrisch angeschlossenen, manuell-ersetzbaren II-VI-Quantenschicht-Laserdioden bestehen.
2. Flacher Bildschirm nach Anspr. 1, dadurch ge

kennzeichnet, daß jede II-VI-Quantenschicht-Laserdiode neben den beiden injizierenden Heterojunctions an der lichtemittierenden Quantenschicht noch einen sperrenden nicht-ohmschen Kontakt enthält, so daß eine Lichtstrom-Spannungs-Kennlinie mit Knie entsteht, um das Wechselsprechen mit benachbarten Laserdioden zu unterdrücken.

5

3. Flacher Bildschirm nach Anspr. 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erforderlichen Millionen von Quantenschicht-Laserdioden vollautomatisch mittels Molekularstrahl-Epitaxie aus überlagerten II-VI-Mischkristall-Epitaxieschichten auf Einkristall-Substraten hergestellt mit metallischen Zuführungs- und Montagebeinchen versehen und sodann gütesortiert auf der perforierten doppelschichtigen Leiterplatte plaziert und elektrisch angeschlossen werden.

10

4. Flacher Bildschirm nach Anspr. 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß die Doppelschicht-Leiterplatte an jeder X-Y-Busbar-Überkreuzung perforiert ist, die Wandungen dieser zylindrischen Perforationen metallisiert sind, und daß die Zuleitungs-Beinchen der Laserdioden durch diese Perforationen hindurch gesteckt werden und wahlweise auf der Hinterseite der Leiterplatte mit den Busbars der Leiterplatte verlötet sind.

15

5. Flacher Bildschirm nach Anspr. 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß das Adressieren der X-Y-Laserdiodenmatrix ohne Zuhilfenahme von Signalspeicherung an jedem Bildpunkt direkt und gemultiplext punktweise oder zeilenweise erfolgt.

20

25

30

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

## Abbildungen:

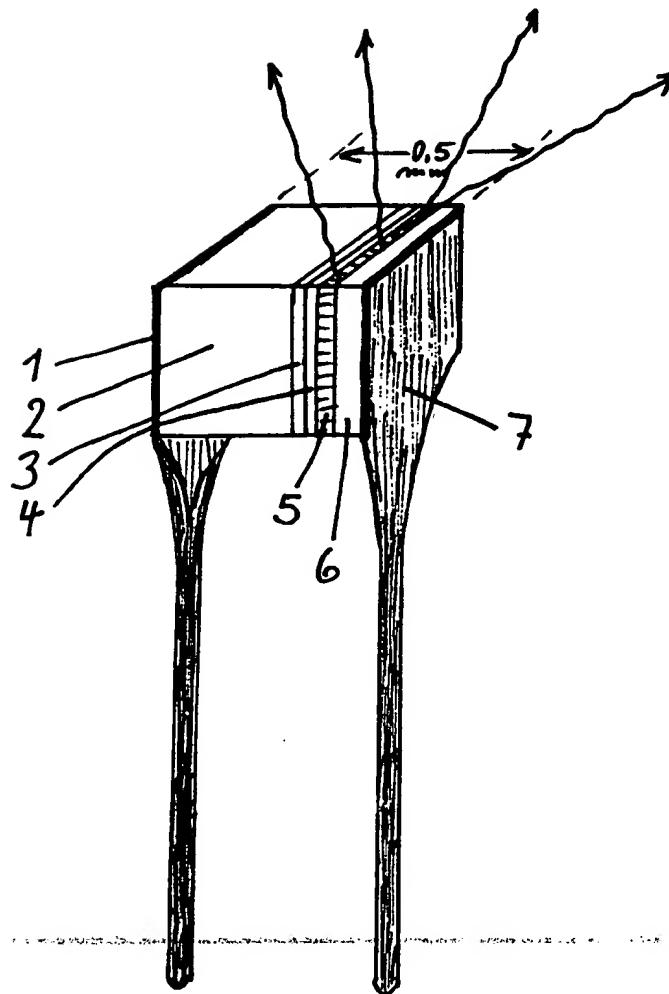


Abb. 1: Einzelne Quantenschicht-Laserdiode

- 1) Linke Zuführungselektrode und Montagebein, Cu-Blech außen Gold, innen Indium, macht Ohmschen Kontakt
- 2) Einkristall-Substrat, z.B. n-ZnSe:Al, ca. 0.4 mm dick
- 3) n-Puffer-Epitaxieschicht (MBE) zur Verminderung der Gitterstörungen, z.B. n-MgxZn(1-x)Sx Se(1-x):Cl, (x,y < 1), ca. 200 nm dick
- 4) n-Heterojunction-Injektionsschicht, ähnliche Zusammensetzung wie 3), ca. 100 nm dick
- 5) Aktive Quantenschicht, undotiert, ZnSe,S für Blau, oder Cd<sub>x</sub>Zn(1-x)TeySe(1-y) (x,y < 1) für Grün und Rot, nur ca. 6 nm dick
- 6) p-Heterojunction-Injektionsschicht, ZnSe:N oder ZnS(x)Se(1-x):N
- 7) Rechte Zuführungselektrode, macht jedoch sperrenden Kontakt an 6) mit Durchbruch bei ca. 4 V

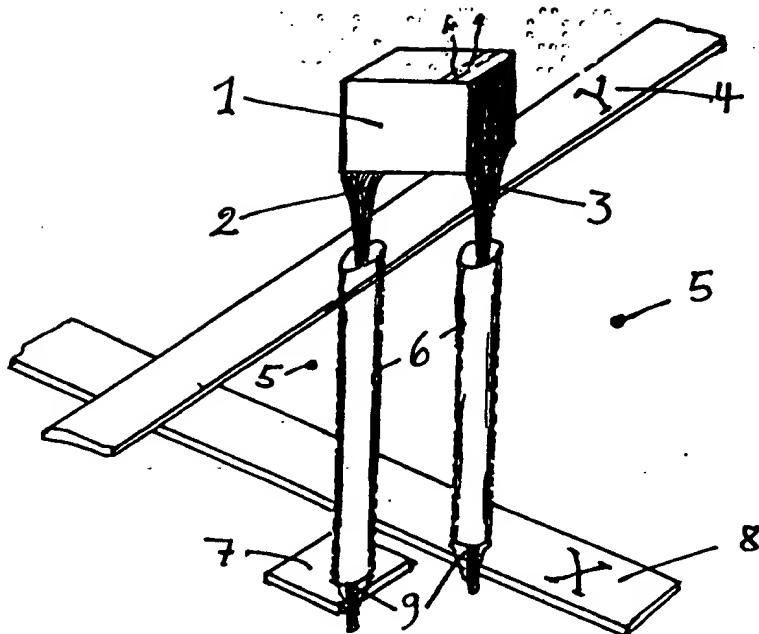


Abb. 2: Anordnung einer Quantenschicht-Laserdiode auf der Leiterplatte, perspektivisch

- 1) Quantenlaserdiode
- 2) Linke (z.B. Minus-) Stromzuführung und Montage-Bein
- 3) Rechte (z.B. Plus-) Stromzuführung und Montage-Bein
- 4) Y-Busbar (Cu vergoldet) auf der Oberseite der isolierenden Leiterplatte (5), durch (6) mit (7) leitend verbunden
- 5) Leiterplatte, (Glas oder Polymer-Komposit)
- 6) Zwei zylindrische Perforationen pro Lichtpunkt, Wände verkupfert und vergoldet, entweder mit (4) oder mit (8) leitend verbunden
- 7) Lötfläche auf der Unterseite der Leiterplatte (5) zum Anlöten von (2), durch (6) mit (4) leitend verbunden
- 8) X-Busbar auf der Unterseite der Leiterplatte (5), leitend mit rechtem (6) verbunden
- 9) Verlötzung von (1) mit (4) und (8) auf der Leiterplatten-Unterseite, wahlweise, (2) und (3) können auch nur lose in (6) eingesteckt werden

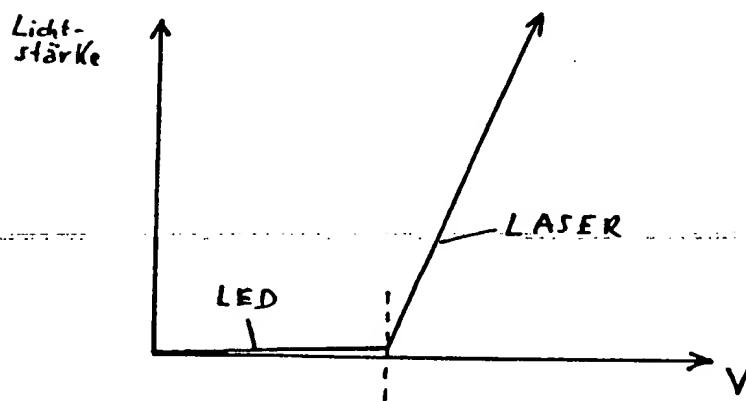


Abb. 3: Lichtstrom-Spannungs-Kennlinie einer Quantenschicht-Laserdiode.

Wahlweise kann ein Sperrkontakt mit Durchbruch (vorzugsweise auf der p-Seite) eingebaut sein, um Wechselsprechen mit Nachbardioiden bei halber oder Viertel-Ansprachspannung zu unterbinden.